

(19) Japanese Patent Office (JP)

(12) PATENT DISCLOSURE BULLETIN (A)

(11) Patent Application Disclosure No.: 62-153137 (1987)

(43) Disclosure Date: July 8, 1987

(51) Int.Cl<sup>4</sup> Identification Symbol

C 03 B 37/027

Patent Office Assigned Number

A-8216-4G

Search Request: Not yet made

Number of Invention: 1

(Total page: 6)

---

(54) Subject of Invention Fiber Drawing Method of Optical Fiber

(21) Patent Application: 60-293044 (1985)

(22) Application Date: December 27, 1985

(72) Inventor: Y. Matsuda

c/o Yokohama Plant, Sumitomo Electric Industry K K

1, Taya-cho, Tozuka-ku, Yokohama City

(71) Applicant: Sumitomo Electric Industry K K

15, 5-chome, Kitahama, Higashi-ku, Osaka City

(74) Agent, Attorney: S. Mitsuishi and one other person

## DETAILED DESCRIPTION

### 1. Subject of Invention

Fiber-drawing method of optical fiber

### 2. Scope of the Patent Claim

(1) A fiber (line)-drawing method of optical fiber having the following characteristics:

During the optical fiber fiber-drawing by heat-melting the optical fiber preform, when the delivering (feeding) speed of the aforementioned optical fiber preform is changed from the No. 1 delivering speed to the No. 2 delivering speed to change the fiber-drawing speed of the aforementioned optical fiber from the No. 1 fiber-drawing speed to the No. 2 fiber-drawing speed, the heating temperature of the aforementioned optical fiber preform is changed to maintain the outside diameter of the aforementioned optical fiber (being fiber-drawn) to a constant (value).

(2) In the fiber-drawing method of optical fiber described in Item (1), Scope of the Patent Claim, characteristically, the flow amount (rate) of the inert gas supplied into the space between the optical fiber preform and the hater for heating this optical fiber preform is changed to control the heating temperature of the aforementioned optical fiber preform.

### 3. Detailed Explanation of the Invention

[Industrial Application Fields]

The present invention is related to a fiber-drawing method of optical fiber in that the fiber diameter is maintained at constant and the fiber-drawing speed can be rapidly changed according to the need.

### [Conventional Technology]

In a typical conventional optical fiber fiber-drawing equipment as shown by the outline construction in Fig 5, the optical fiber preform 2 is delivered into the fiber-drawing furnace 3 by the preform delivery equipment 1 at constant speed; it is heat-softened by the heating heater 4 and fiber-drawn; the optical fiber drawn is wound by the winding equipment 10. During this, the outside diameter of the optical fiber 5 is measured on-line immediately after the fiber-drawing by the fiber outside diameter measurement instrument 6; and generally, the measured information is fed back to the winding equipment 10 to perform control of the fiber-drawing speed by the fiber diameter control equipment 11 so that the outside diameter of the optical fiber 5 would become constant. The fiber-drawn optical fiber 5 is applied with a coating resin by the primary coating equipment 7 immediately after the fiber-drawing; and in the hardening furnace 8, this coating is hardened to form the optical fiber base line 9.

In this kind of fiber drawing process, since the fluctuations of the fiber-drawing condition and resin coating condition of the optical fiber 5 would affect the quality of the product greatly, it is necessary to suppress the fluctuations as much as possible. In recent years, the optical fiber 5 per one unit of optical fiber preform 2 is made longer to reduce the work on the mounting of the optical fiber 2 or to suppress the lowering in the operation efficiency of the equipment caused by the change-over and/or in the yield of the optical fiber.

In the case when the delivering (feeding) speed of the optical fiber preform 2 is changed by some reason during the fiber-drawing using this optical fiber fiber-drawing equipment, the relation ship between the delivering (feeding) speed of the optical fiber

preform 2 and the fiber-drawing speed of the optical fiber 5 would be as shown in Fig 6:  $t_2$  is the time from the completion of the time required of leading of the optical fiber  $t_1$  to the time entering stable fiber-drawing;  $t_4$  is the time from the manufacturing completion time of the product where the stable fiber-drawing is being performed ( $t_3$ ) to the time when the change to other fiber-drawing speed in response to the change of the delivering speed of the optical fiber preform 2 is completed. The times of these  $t_2$  and  $t_4$  are the transition times for the optical fiber 5 fiber-drawing speed to reach the other fiber-drawing speed in response to the change of the delivering speed of the optical preform 2. The fibers manufactured during these periods are not stable in dimensional precision to induce lowering in the yield.

**[The Problematic Point to be Solved by the Invention]**

In the conventional optical fiber line-drawing equipment shown in Fig 5, between the delivering speed ( $V_p$ ) of the optical fiber preform 2 and the fiber-drawing speed ( $V_f$ ) of the optical fiber 5, during the stationary state when stable fiber-drawing is being carried out, there is the relationship shown below:

$$d_p^2 \times V_p = d_f^2 \times V_f$$

Where,  $d_p$  is the outside diameter of the optical fiber preform 2;  $d_f$  is the outside diameter of the optical fiber 5;  $V_p$  is delivering speed of the optical fiber preform 2;  $V_f$  is the fiber (line)-drawing speed of the optical fiber 5. Normally, the delivery speed ( $V_p$ ) of the optical fiber preform 2 is set to a corresponding smaller value of the fiber-drawing speed ( $V_f$ ) of the optical fiber 5 (generally about 20 meter per minute). Further, the fiber-

drawing speed of optical fiber 5 is becoming higher by the enhancement in the fiber-drawing technology in recent years; more than 200 meter per minute has become possible.

In the conventional optical fiber fiber-drawing equipment, the fiber-drawing speed is controlled to make that the outside diameter of the optical fiber constant. When the delivery speed of the optical fiber preform 2,  $V_p$ , is raised in step shape from  $V_{p1}$  to  $V_{p2}$  or lowered from  $V_{p2}$  to  $V_{p1}$  as shown in Fig 7 (misprint of Fig 6), the fiber-drawing speed of the optical fiber,  $V_f$ , would change from the lower speed  $V_{f1}$  to the higher speed  $V_{f2}$  or from the higher speed  $V_{f2}$  to the lower speed  $V_{f1}$ . During this, the fiber-drawing speed of the optical fiber 5,  $V_f$ , cannot immediately follow the change of the delivering speed of the optical fiber preform 2,  $V_p$ ; it would be accompanied by the transition periods of time delays of  $t_2$  and  $t_4$ . The length of the transition period is related to the heating condition and/or the outside diameter of the optical fiber preform,  $d_p$ , and the outside diameter of the optical fiber,  $d_f$ .

In the optical fiber fiber-drawing equipment shown in Fig 5, when the outside diameter of the optical fiber preform 2 is set to be  $d_p = 24$  mm and the outside diameter of the optical fiber 5 is set to be  $d_f = 125$   $\mu\text{m}$  and the delivering speed of the optical fiber preform 2 ( $V_p$ ) was raised step-wise from  $V_{p1} = 0.54$  mm/min to  $V_{p2} = 2.17$  mm/min, the response appearance of the fiber-drawing speed  $V_f$  is shown in Fig 7. Conversely, when the delivering speed of the optical fiber preform 2,  $V_p$ , was lowered step-wise from  $V_{p2} = 2.17$  mm/min to  $V_{p1} = 0.54$  mm/min, the response appearance of the fiber-drawing speed  $V_f$  is shown in Fig 8. According to these, the response time of the fiber-drawing speed  $V_f$  during the raising requires about 7 minutes; and the response time of the fiber-drawing speed  $V_f$  during the lowering requires about 10 minutes. The optical fiber 5

fiber-drawn during the response period could not be guaranteed for the product precision; thus it cannot be shipped and would become waste fiber: the amount of these waste fibers would amount to about 340 m and about 390 m, respectively.

Accompanying the increase in the required amount of optical fiber, for reducing its cost, the optical fiber manufacturing fiber-drawing speed is becoming faster; however accompanying this, the percentage of the waste optical fiber would increase; thus the following in the yield has become an important problem.

The present invention is undertaken in view of the shortcoming in the conventional technology. The objective is to provide a fiber-drawing method of optical fiber in that while the outside diameter of the optical fiber is maintained at constant, the fiber-drawing speed can be rapidly changed; by this, the quantity of the waste fiber can be greatly reduced.

#### [The Means Used to Solve the Problematic Point]

The fiber drawing method of optical fiber of the present invention is as follows: During the optical fiber fiber-drawing by heat-melting the optical fiber preform, when the delivery speed of the aforementioned optical fiber preform is changed from the No. 1 delivery speed to the No. 2 delivery speed to change the fiber drawing speed of the aforementioned optical fiber from the No. 1 fiber-drawing speed to the No. 2 fiber-drawing speed, the heating temperature of the aforementioned optical fiber preform is changed to maintain the outside diameter of the aforementioned optical fiber (being fiber-drawn) to a constant.

#### [Function]

In the fiber drawing method of optical fiber of the present invention, it is set up that when the delivering speed of the optical fiber preform is changed, the heating rate of the optical fiber preform is simultaneously changed. Namely, when the delivering speed of the optical fiber preform is increased to raise the fiber-drawing speed of the optical fiber  $V_f$ , the heating temperature of the optical fiber preform is raised; conversely, when the delivering speed of the optical fiber preform  $V_p$  is decreased, the heating temperature of the optical fiber preform is lowered.

The principle of the fiber-drawing method of optical fiber based on the present invention is as shown in Fig 1: When the optical fiber preform 2 is heated by the heater 4 and being fiber-drawn under stationary state and the neck-down portion of the optical fiber preform 2 is at the position b, if the relative position of the optical fiber preform 2 against the heater 4 is moved to position c, the time of exposing the optical fiber preform 2 to the heater 4 would become longer. As a result, the melted amount of the optical fiber preform 2 would increase to make the line (fiber) diameter of the optical fiber 5 fatter; therefore, the fiber (line) control equipment 11 (cf.. Fig 5) would function to make the fiber (line) drawing speed faster. Namely, the fiber-drawing speed of the optical fiber would change to a fiber-drawing speed higher than the stationary state. Conversely, if the relative position of the optical fiber preform 2 is forced to move from the b state to the a position, the heat amount to be received from the heater 4 would decrease. If the optical fiber is fiber-drawn at the constant fiber-drawing speed, the fiber diameter would decrease; thus the fiber diameter control equipment 11 function to lower the fiber-drawing speed to maintain the fiber diameter constant. Namely, the fiber-drawing speed of the optical fiber would change to a fiber-drawing speed lower than the stationary state. In any case of the

above described, if the relative position change from the b state is larger, the fiber-drawing speed can be changed larger accordingly. However, even if the positional change amount is large, if there is no change in the heating amount and the delivering speed of the optical fiber preform 2, it would take time to return to the stationary state.

And, the relative position of the neck-down portion of the optical fiber preform 2 is dependent on the heating temperature by the heater 4. Because of this, if the temperature of the heater 4 is raised, the neck-down portion would move to position a; and if the temperature of the heater 4 is lowered, the neck-down portion would move to position b. This is because the optical fiber preform 2 would form the neck-down in the certain heating temperature range by the heater 4.

Namely, by changing the heating temperature of the optical fiber preform 2 by the heating heater 4, the position of the neck-down portion of the stationary state shown in Fig 1 is changed from b to a or c to forcibly produce the transition state; by this, it becomes possible to rapidly change the fiber-drawing speed. In this case, by adjusting the supplying electric power to the heater 4, the heating temperature of the optical fiber preform 2 can be changed. However, generally, the heater 4 is covered by an insulating material to become larger in heat capacity, and in the case where a furnace tube is arranged between the heater 4 and the optical fiber preform 2, the change of the heating temperature of the optical fiber preform 2 against the temperature of the heater 4 accompanying the change in supplying electric power would become even more gradual. Further, an inert gas for oxidation prevention is being delivered between the optical fiber preform 2 and the heater 4. Thus by changing this gas supply amount (flow rate), the heating temperature of the optical fiber preform 2 can be delicately adjusted.

**[Implementation Example]**

The relationship between the optical fiber preform delivering speed, the electric power to the heater, the inert gas flow rate (amount), the optical fiber preform heating temperature, and the optical fiber fiber-drawing temperature based on an implementation example of the present invention is shown in Fig 2. And as shown in the aforementioned Fig 1, the delivering speed of the optical fiber preform 2 ( $V_{p1}$ ) at the time  $t_1'$  was changed step-wise and the supplying electric power of the heater 4 of the fiber-drawing furnace 3 (cf. Fig 5) was changed from  $P_1$  to  $P_2$  in step-wise. By this, the heating temperature of the optical fiber preform 2 was raised gradually from  $T_1$  to  $T_2$ , and simultaneously, the fiber-drawing speed  $V_f$  of the optical fiber 5 was increased. By this, the fiber-drawing speed  $V_f$  can be rapidly changed from the stationary state fiber-drawing speed of the low speed  $V_{f1}$  to the stationary state fiber-drawing speed of the high speed  $V_{f2}$  at the time  $t_2'$  via the transition period. Next, at the time  $t_3'$ , the delivering speed  $V_p$  of the optical fiber preform 2 is lowered step-wise from  $V_{p2}$  to  $V_{p1}$  and simultaneously, the gas delivery amount  $Q$  of the inert gas is gradually increased from  $Q_1$  to  $Q_2$  to raise the cooling effect of the optical fiber preform 2. By this, the heating temperature of the optical fiber preform 2 is rapidly lowered from  $T_2$  to  $T_3$ ; by this, the fiber-drawing speed  $V_f$  of the optical fiber 5 can be rapidly reduced from  $V_{f2}$  to  $V_{f1}$ .

Furthermore, in the present implementation example, during the raising of the delivering speed  $V_p$  of the optical fiber preform, simultaneously, as means for raising the heating temperature of the optical fiber preform 2, the supplying electric power of the heater 4 was changed step-wise from  $P_1$  to  $P_2$ . However, instead of the above, the heating temperature of the optical fiber preform can also be raised by adjusting the gas delivery

amount  $Q$  of the inert gas. Of course, these means can be employed in conjunction. Similarly, in the lowering of the delivering speed  $V_p$  of the optical fiber preform, the supplying electric power of the heater 4 or the gas delivery amount  $Q$  of the inert gas can be changed to lower the heating temperature of the optical fiber preform; these means can also be employed in conjunction.

### Experimental Example 1

In the optical fiber fiber-drawing equipment shown in Fig 5, the optical fiber preform 2 of outside diameter 24 mm was supplied to the fiber-drawing furnace 3 to carry out the fiber drawing of the optical fiber of outside diameter 125  $\mu\text{m}$  while the fiber diameter was being controlled. During this, the delivering speed of the optical fiber preform 2 was raised step-wise from 0.54 mm per minute to 2.17 mm, and simultaneously, the flow rate of the nitrogen gas flowing inside the fiber-drawing furnace 3 was reduced from 10.5 liter per minute to 10.2 liter in one minute to raise the heating temperature of the optical fiber preform from 2210 degree C to 2240 degree C. In this case, the transition period to reach the stationary fiber (line) drawing state of 80 meter per minute from the 20 meter per minute of fiber-drawing speed of the optical fiber 5 required 2 minutes. Compared to the case shown in Fig 7 where the heating temperature was not changed, the transition time was shortened to about  $\frac{1}{4}$ . The experimental results here are shown in Fig 3: the waste fiber amount was only ca. 70 meter during the transition period. Therefore, by the raising of the heating temperature based on the reduction of the inert gas amount surrounding the optical fiber preform 2, the amount of the waste fiber was greatly reduced compared to the conventional example where no heating temperature change is performed.

### Experimental Example 2

In the optical fiber fiber-drawing equipment shown in Fig 5, the optical fiber preform 2 of outside diameter 24 mm was supplied to the fiber-drawing furnace 3 to carry out the fiber drawing of the optical fiber of outside diameter 125 um while the fiber diameter was being controlled. During this, the delivering speed of the optical fiber preform 2 was changed step-wise from 2.17 mm per minute to 0.54 mm, and simultaneously, the electric power supply was lowered from 12.5 K watt-hr to 12.2 K watt-hr step-wise to lower the heating temperature of the optical fiber preform from 2150 degree C to 2100 degree C. In this case, the transition period was rapidly lowered to the stationary fiber (line) drawing state of 20 meter per minute from the 80 meter per minute of fiber-drawing speed of the optical fiber 5, and the transition time required was approximately 4 minutes. As shown in Fig 5 (misprint of Fig 4), compared to conventional case where the heating temperature was not changed, the fiber-drawing speed here could be rapidly lowered. Because of this, the waste fiber amount generated during the transition period was greatly reduced.

#### [Effect of the Invention]

According to the fiber-drawing method of optical fiber of the present invention, when the delivering speed of the optical fiber preform is changed from the stationary state (where an optical fiber preform is being heat-melted and fiber-drawn while the outside diameter is being maintained to a specified size by an outside diameter control equipment) to change the fiber-drawing speed to other value, by also changing the heating temperature of the optical fiber preform, the fiber-drawing speed can be changed rapidly to the corresponding intended fiber-drawing speed. Therefore, the waste fiber amount

during the changing time of the fiber-drawing speed would become extremely small; thus a manufacturing of optical fiber with good yield can be achieved.

#### 4. Brief Explanation of Figures

Fig 1 is an operation outline diagram showing the principle of the fiber-drawing method of optical fiber based on the present invention. Fig 2 is a graph showing the control state of the control factors of an implementation example of the fiber-drawing method of optical fiber based on the present invention. Fig 3 and Fig 4 are graphs showing the changes of the optical fiber fiber-drawing speed in an experimental example of the present invention. Fig 5 is an outline diagram of the optical fiber fiber-drawing equipment which became the objective of the present invention. Fig 6 is a graph showing the relationship between the delivering (feeding) speed of the optical fiber preform and the fiber-drawing speed of the optical fiber. Fig 7 and Fig 8 are graphs showing an experimental example of the changes of the conventional optical fiber fiber-drawing speed.

In the figures, 1 is the optical fiber preform delivering (feeding) equipment; 2 is an optical fiber preform; 3 is a fiber (line)-drawing furnace; 4 is a heater; 5 is an optical fiber; 11 is a fiber (line) diameter controlling equipment.

Fig 1

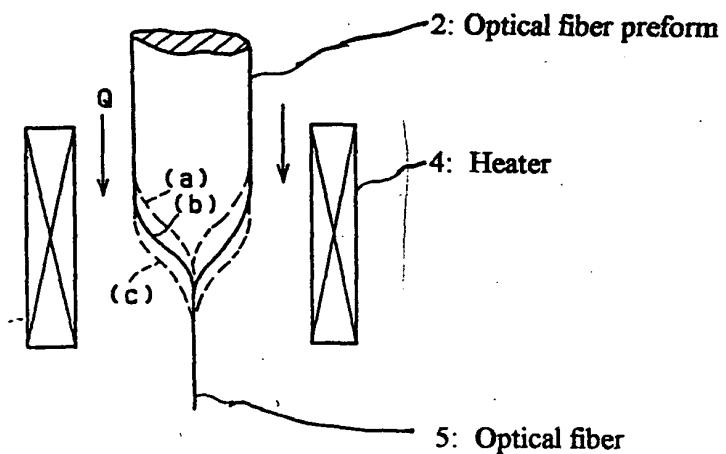


Fig 2

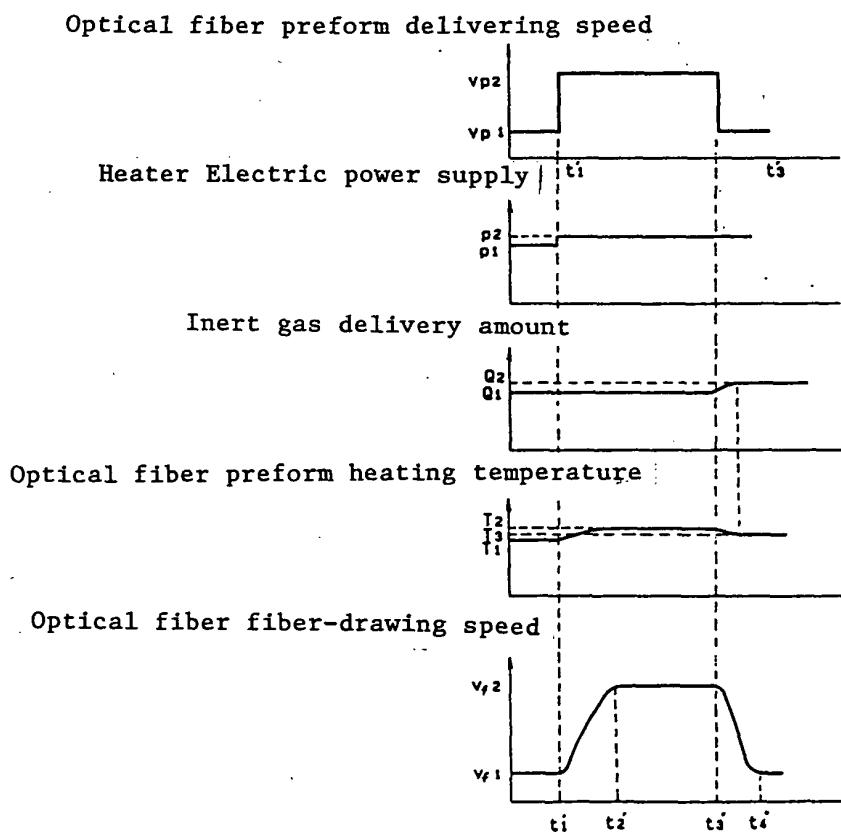


Fig 3

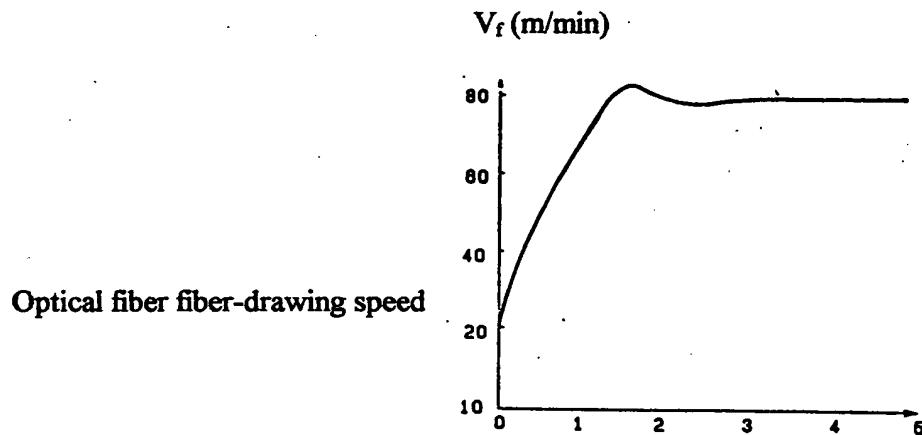


Fig 4

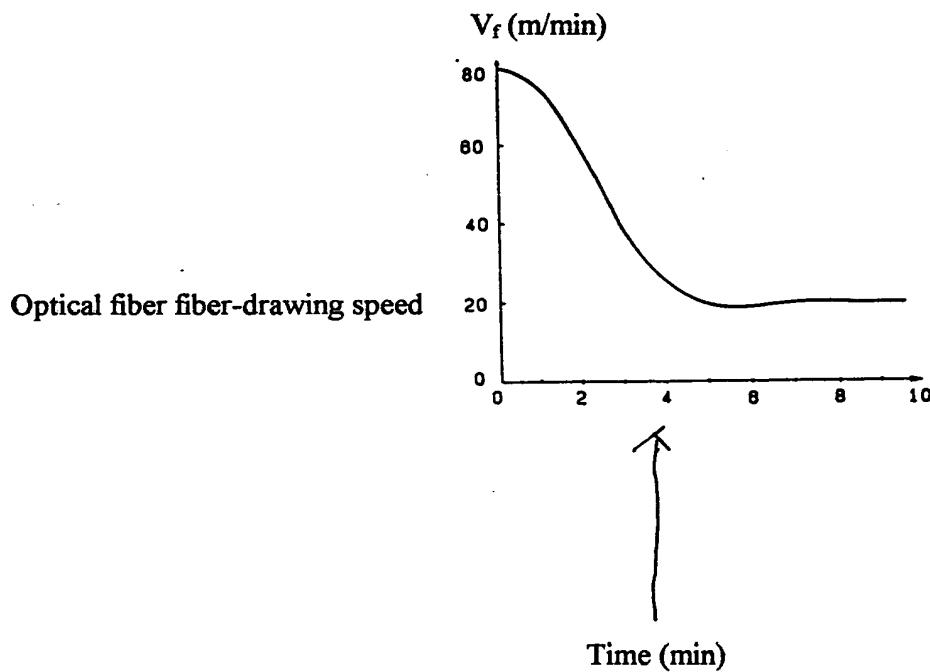


Fig 5

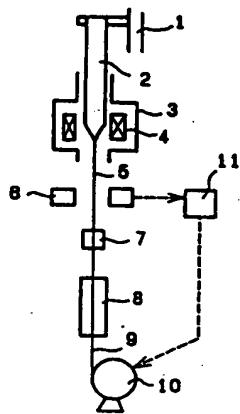


Fig 6

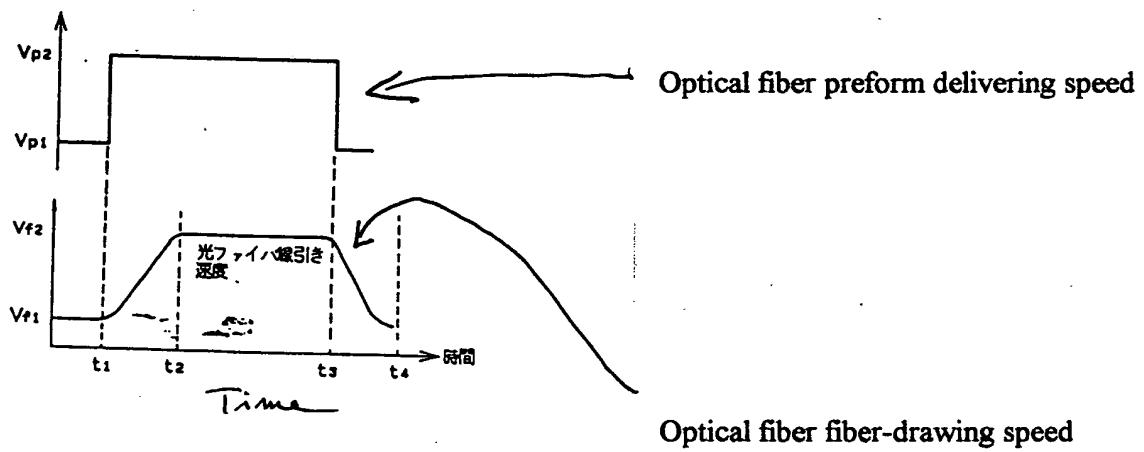
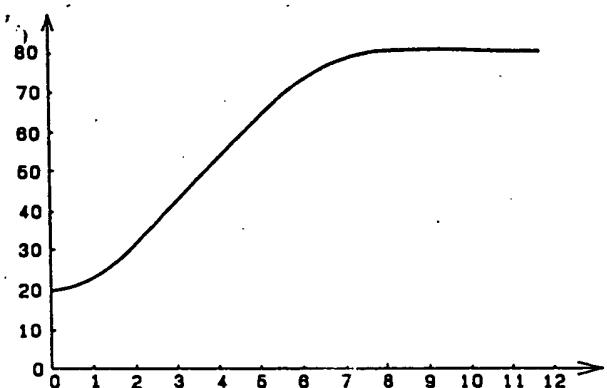


Fig 7

 $V_f$  (m/min)

Optical fiber fiber-drawing speed

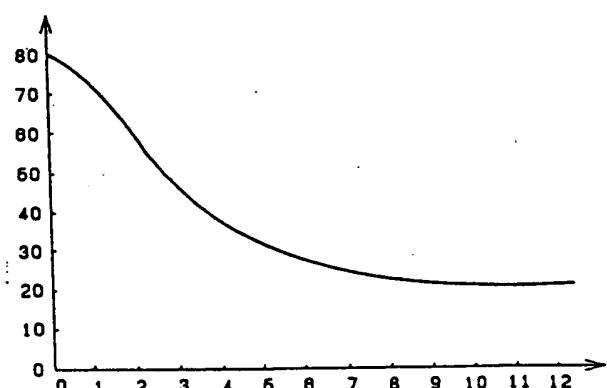


Time (min)

Fig 8

 $V_f$  (m/min)

Optical fiber fiber-drawing speed



Time (min)

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭62-153137

⑬ Int.CI.<sup>1</sup>  
C 03 B 37/027識別記号  
A-8216-4G

⑭ 公開 昭和62年(1987)7月8日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 光ファイバの線引き方法

⑯ 特願 昭60-293044

⑰ 出願 昭60(1985)12月27日

⑱ 発明者 松田 裕男 横浜市戸塚区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

⑲ 出願人 住友電気工業株式会社 大阪市東区北浜5丁目15番地

⑳ 代理人 弁理士 光石 士郎 外1名

## 明細書

## 3. 発明の詳細な説明

## &lt;産業上の利用分野&gt;

本発明は、線径を一定に保ちながら必要に応じて線引き速度を急速に変化することができる光ファイバの線引き方法に関する。

## &lt;従来の技術&gt;

従来の代表的な光ファイバ線引き装置の概略構成を表す第5図に示すように、光ファイバ母材2は母材供給装置1により一定速度で線引炉3へ供給され、加熱ヒータ4によって加熱軟化しつつ線引きされ、光ファイバ5として巻取機10に巻き取られる。このとき、光ファイバ5の外径はその線引き直後にファイバ外径測定器6によりオンラインで測定され、一般的には巻取機10にフィードバックされて光ファイバ5の外径が一定となるよう線径制御装置11により線引き速度の制御が行われる。線引きされた光ファイバ5は線引き直後、直ちにプライマリコーティング装置7によってコーティング樹脂が塗布され、

## 1. 発明の名称

光ファイバの線引き方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 光ファイバ母材を加熱溶融させて光ファイバに線引きするに際し、上記光ファイバ母材の供給速度を第一の供給速度から第二の供給速度に変化させて上記光ファイバの線引き速度を第一の線引き速度から第二の線引き速度に変化させる場合、上記光ファイバ母材の加熱温度を変化させて線引きされる前記光ファイバの外径を一定に保つようにしたことを特徴とする光ファイバの線引き方法。

(2) 光ファイバ母材とこの光ファイバ母材を加熱するヒータとの間に送給される不活性ガスの流量を変化させて前記光ファイバ母材の加熱温度を制御するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載した光ファイバの線引き方法。

硬化炉8でこのコーティング樹脂を硬化させて光ファイバ素線9に形成している。

このような線引き工程において、光ファイバ5の線引き条件及び樹脂コーティング条件の変動は、製品の品質に大きな影響を与えるため、可能な限りこれらの変動を抑える必要がある。近年、光ファイバ母材2一本当たりの光ファイバ5を長尺化し、光ファイバ母材2の接着や、段取り等から生じる装置の稼動率の低下や光ファイバの歩留り低下を抑えるようになって来ている。

かかる光ファイバ線引き装置を用いて線引き時の光ファイバ母材2の供給速度の設定値を何らかの原因で変更する場合、この時の光ファイバ母材2の供給速度と光ファイバ5の線引き速度との関係を表す第6図に示すように、 $t_2$ は光ファイバの口出しに要する時間の終了する $t_1$ 時の後に安定な線引き状態に入る時間であり、 $t_4$ は安定な線引きが行われている製品の製造終了時間 $t_3$ から光ファイバ母材

して設定される。尚、光ファイバ5の線引き速度 $V_r$ は近年、線引き技術の向上によって上昇しつつあり、毎分200メートル以上も可能になって来た。

従来の光ファイバ線引き装置は、光ファイバの外径が一定になるよう線引き速度を制御しており、光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ を第7図に示すようにステップ状に $V_{p1}$ から $V_{p2}$ へ上昇或いは $V_{p2}$ から $V_{p1}$ へ下降させると、光ファイバの線引き速度 $V_r$ は低速 $V_{r1}$ から高速 $V_{r2}$ へ或いは高速 $V_{r2}$ から低速 $V_{r1}$ へと変化する。この際、光ファイバ母材の供給速度 $V_p$ の変化に対して光ファイバ5の線引き速度 $V_r$ が直ちに追従できず、 $t_2$ 、 $t_4$ の時間遅れをもつ過渡期間を伴うこととなる。この過渡期間の長さは光ファイバ母材の加熱状態やその外径 $d_p$ 及び光ファイバの外径 $d_r$ に關係する。

第5図に示す光ファイバ線引き装置において、光ファイバ母材2の外径 $d_p = 24\text{ mm}$ 、光ファイバ5の外径 $d_r = 12.5\text{ mm}$ とし、光ファイバ

2の供給速度 $V_p$ に対応して別の線引き速度に変更し終えた時間である。これら $t_2$ 、 $t_4$ の時間は、光ファイバ母材2の供給速度の変更に対応して光ファイバ5の線引き速度が安定な別の線引き速度に変更されるまでの過渡的期間であり、この間に製造されたものは寸法精度的に安定せず、歩留りの低下を招来する。

<発明が解決しようとする問題点>

第5図に示す従来の光ファイバ線引き装置において、光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ と光ファイバ5の線引き速度 $V_r$ との間には、安定な線引きが行われている定常状態の時に次の関係がある。

$$d_p^2 \cdot V_p = d_r^2 \cdot V_r$$

但し、 $d_p$ は光ファイバ母材2の外径、 $d_r$ は光ファイバ5の外径、 $V_p$ は光ファイバ母材2の供給速度、 $V_r$ は光ファイバ5の線引き速度である。通常、光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ は一般に光ファイバ5の線引き速度 $V_r$ （毎分約20メートル）より小さい或る値に対応

母材2の供給速度 $V_p$ を $V_{p1} = 0.54\text{ mm/分}$ から $V_{p2} = 2.17\text{ mm/分}$ にステップ状に上昇させた時の線引き速度 $V_r$ の応答の様子を第7図に示す。逆に、光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ を $V_{p2} = 2.17\text{ mm/分}$ から $V_{p1} = 0.54\text{ mm/分}$ にステップ状に下降させたときの線引き速度 $V_r$ の応答を第8図に示す。これによると、上昇時の線引き速度 $V_r$ の応答時間は約7分かかり、下降時の線引き速度 $V_r$ の応答時間は約10分を要している。この応答期間中に線引きされた光ファイバ5は製品精度が保証されないため、製品として出荷できなくなるとなるが、これらのくず線量はそれぞれ、約340m、約390mにもなる。

光ファイバ需要量の増大に従い、その低コスト化のために光ファイバの製造線速は上昇しつつあるが、それに伴ってこのような光ファイバのくず線量の割合が増加し、収率が低下するという問題が重要になってきた。

本発明はかかる従来技術の欠陥に鑑みてな

されたもので、光ファイバの外径を一定に保ったまま線引き速度を急速に変化させることを可能にし、これによってくず線量を大幅に低減させ得る光ファイバの線引き方法を提供することを目的とする。

<問題点を解決するための手段>

本発明による光ファイバの線引き方法は、光ファイバ母材を加熱溶融させて光ファイバに線引きするに際し、上記光ファイバ母材の供給速度を第一の供給速度から第二の供給速度に変化させて上記光ファイバの線引き速度を第一の線引き速度から第二の線引き速度に変化させる場合、上記光ファイバ母材の加熱温度を変化させて線引きされる前記光ファイバの外径を一定に保つようにしたことを特徴とするものである。

<作用>

本発明による光ファイバの線引き方法は、光ファイバ母材の供給速度を変化させた場合には光ファイバ母材の加熱速度も同時に変化

させるようにしている。即ち、光ファイバ母材の供給速度を早めて光ファイバの線引き速度  $V_r$  を上昇させる場合には、光ファイバ母材の加熱温度を高め、逆に光ファイバ母材の供給速度  $V_p$  を下げたい場合には、光ファイバ母材の加熱温度を下降させるようにしている。

本発明による光ファイバの線引き方法の原理を表す第1図に示すように、光ファイバ母材2がヒータ4からの加熱によって定常状態で、線引きされている時、光ファイバ母材2のネックダウン部がbの位置にあった場合、ヒータ4に対する光ファイバ母材2の相対位置をcの位置に移動させたとすると、光ファイバ母材2はヒータ4にさらされる時間が長くなり、光ファイバ母材2の融溶量が増して光ファイバ5の線径が太められようとするので、線径制御装置11(第5図参照)は線引き速度を早めるように作用する。即ち、光ファイバ5の線引き速度は定常状態より高速な線引き速度に変化する。逆にbの状態より光

ファイバ母材2の相対位置をaの位置に強制的に移動させると、光ファイバ母材2がヒータ4から受ける熱量が減少するので、一定の線引き速度で光ファイバ5を線引きしていると線径が縮少するので、線径制御装置11は線引き速度を下げて線径を一定に保つように作用し、光ファイバ5の線引き速度は定常状態より低速の線引き速度に変化する。上記何れの場合において、bの状態からの相対変位が大きければそれに対応して線引き速度を大きく変化させることが可能である。但し、変位量が大きくて光ファイバ母材2の加熱量及び供給速度に変化がなければ、定常状態にもどるまで時間がかかる。

又、ヒータ4に対する光ファイバ母材2のネックダウン部の相対位置は、ヒータ4による加熱温度に依存するため、ヒータ4の温度を高めるとネックダウン部はaの位置に移動し、ヒータ温度を低めた場合にはbの位置に移動する。これは、光ファイバ母材2がヒー

タ4によって或る加熱温度範囲でネックダウンを形成するためである。

つまり、加熱ヒータ4による光ファイバ母材2の加熱温度を変化させることによって、第1図に示す定常状態のネックダウン部の位置をbからa或いはcへと変化させ、過渡状態を強制的に作り出すことにより、線引き速度を急速に変化させることを可能としている。この場合、ヒータ4への供給電力を調整して光ファイバ母材2の加熱温度を変えることができるが、一般に、ヒータ4は断熱材料によって蔽われて熱容量が大きく、ヒータ4と光ファイバ母材2との間に炉心管が配置されている場合には、供給電力の変化に伴うヒータ4の温度変化に対し、光ファイバ母材2の加熱温度の変化は更に緩慢になる。なお、光ファイバ母材2とヒータ4との間には酸化防止用の不活性ガスが送給されるが、このガス送給量を変化させることにより、光ファイバ母材2の加熱温度を微妙に調整することができ

る。

### <実施例>

本発明方法の一実施例による光ファイバ母材供給速度とヒータ供給電力と不活性ガスの風量と光ファイバ母材加熱温度と光ファイバ線引き速度との関係を表す第2図及び前記第1図に示すように、光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ を $t_1'$ 時において、ステップ状に変化させると共に線引き炉3(第5図参照)のヒータ4の供給電力を $P_1$ から $P_2$ にステップ状に変化させた。これによって、光ファイバ母材2の加熱温度は $T_1$ から $T_2$ に次第に高められ、同時に光ファイバ5の線引き速度 $V_r$ が早められ、線引き速度 $V_r$ は過渡期間を経て $t_2'$ 時に低速の $V_{r1}$ の定常状態の線引き速度から急速に高速の $V_{r2}$ の定常状態の線引き速度に変化させることができる。次に、 $t_3'$ 時で光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ を $V_{p2}$ から $V_{p1}$ へステップ状に低下させると共に不活性ガスの送風量 $Q$ を $Q_1$ から $Q_2$ へ次第に増加させ、光ファイバ母

材2の冷却効果を上げることによって、光ファイバ母材2の加熱温度を $T_2$ から $T_1$ へ急速に下降させ、これによって光ファイバ5の線引き速度 $V_r$ を減速させ、過渡期間 $t_4'$ 時に定常状態の $V_{r2}$ から $V_{r1}$ へ急速に減速させることができる。

尚、本実施例では光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ を上昇させる際にこれと同時に光ファイバ母材2の加熱温度を高める手段として、ヒータ4の供給電力を $P_1$ から $P_2$ にステップ状に変化させたが、代りに不活性ガスの送風量 $Q$ を調整することによって、光ファイバ母材2の加熱温度を上昇させることもできる。勿論これらの手段を併用してもよい。同様に、光ファイバ母材2の供給速度 $V_p$ を下降させる際にもヒータ4の供給電力或いは不活性ガスの送風量 $Q$ の変化によって光ファイバ母材2の加熱温度を低下させてもよく、これらを併用することも可能である。

### 実験例 1

第5図に示す光ファイバ線引装置において、外径が24ミリメートルの光ファイバ母材2を線引炉3に供給し、外径が12.5マイクロメートルの光ファイバ5に線径制御しながら線引きするに際し、光ファイバ母材2の供給速度を毎分0.54ミリメートルから2.17ミリメートルにステップ状に上昇させ、同時に、線引炉3内を流れる窒素ガスの流量を毎分10.5リットルから10.2リットルに1分間かけて減少させ、光ファイバ母材2の加熱温度を2210℃から2240℃へ上昇させた。この場合、第7図に示した光ファイバ母材2の加熱温度を変化させない時とくらべて光ファイバ5の線引き速度は毎分20メートルから80メートルの定常線引き状態になるまでに要する過渡期間は約2分となり、約1/4に短縮された。この時の実験結果を第3図に示すが、過渡期間内のくず線量は約70メートルしかなか

った。従って、光ファイバ母材2の周囲の不活性ガス量 $Q$ の減少による光ファイバ母材2の加熱温度を上昇させたことによって、加熱温度を変化させない従来例の場合に比べ、くず線量は大幅に削減できた。

### 実験例 2

第5図に示す光ファイバ線引装置において、外径が24ミリメートルの光ファイバ母材2を線引炉3に供給し、外径が12.5マイクロメートルの光ファイバ5となるよう線径制御しながら線引きするに際して、光ファイバ母材2の供給速度を毎分2.17ミリメートルから0.54ミリメートルにステップ状に変化させると共に、ヒータ4の供給電力を12.5キロワット時から12.2キロワット時にステップ状に低下させ、光ファイバ母材2の加熱温度を2150℃から2100℃に低下させた。これによって光ファイバ5の線引き速度は毎分80メートルから20メートルの定常状態の線引き速

度に急速に低減されこの過渡期間に要した時間はほぼ4分であった。光ファイバ母材の加熱温度を変化させない従来の場合に比べ、線引き速度を第5図に示すように急速に低下することができた。このため、過渡期間に発生するくず線量も大幅に削減された。

## &lt;発明の効果&gt;

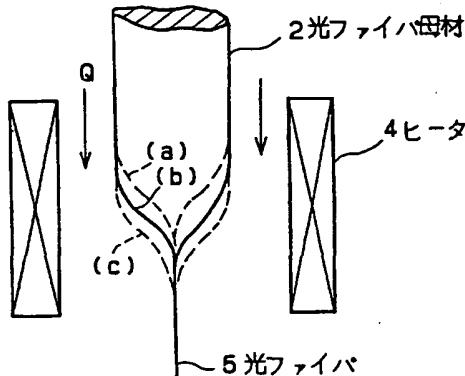
本発明の光ファイバの線引き方法によれば、光ファイバ母材を加熱溶融しつつ光ファイバを外径制御装置によって所定寸法の外径に保ちながら定常状態で線引きしている状態から、光ファイバ母材の供給速度を変えて光ファイバの線引き速度を別の値に変化させる時、光ファイバ母材の加熱温度も変化させることにより、急速に線引き速度を変化させて変更すべき光ファイバの線引き速度に対応させることができるようになった。従って、線引き速度の変更時のくず線量が極めて少なくなり、歩留りの良い光ファイバの製造が可能となった。

## 4. 図面の簡単な説明

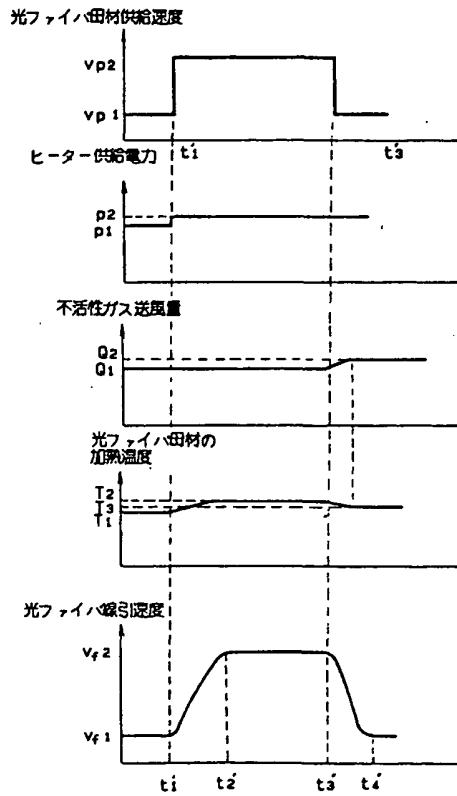
第1図は本発明による光ファイバの線引き方法の原理を表す作業概念図、第2図は本発明による光ファイバの線引き方法の一実施例の制御因子の制御状態を表すグラフ、第3図及び第4図は本発明の実験例における光ファイバ線引き速度の変化を表すグラフ、第5図は本発明の対象となった光ファイバ線引き装置の概念図、第6図は光ファイバ母材の供給速度と光ファイバの線引き速度との関係を表すグラフ、第7図並びに第8図は従来の光ファイバ線引き速度の変化の実験例を示すグラフである。

図面中、1は光ファイバ母材供給装置、2は光ファイバ母材、3は線引炉、4はヒータ、5は光ファイバ、11は線径制御装置である。

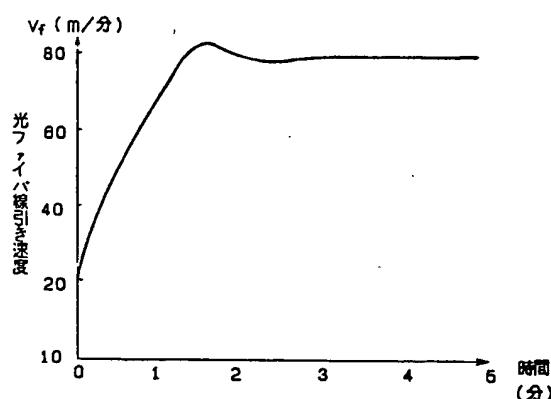
第1図



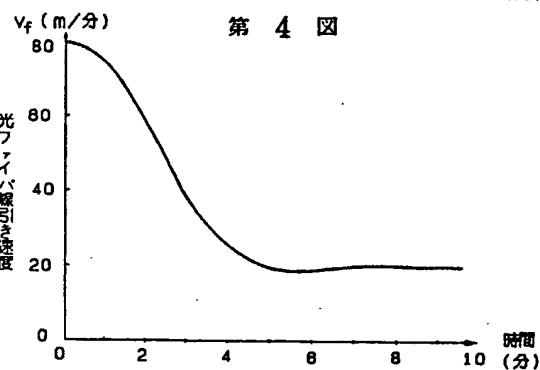
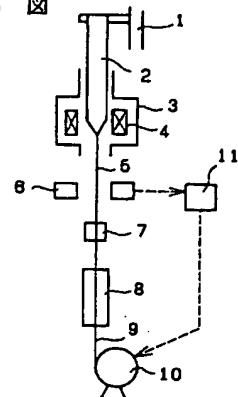
第2図



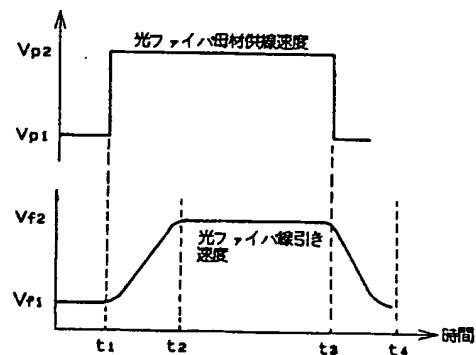
第3図



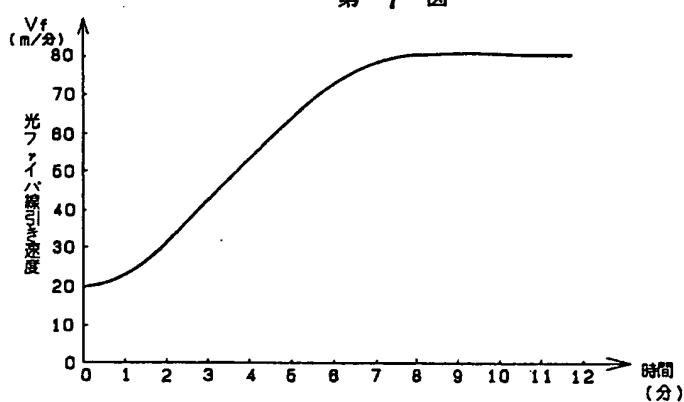
第5図



第6図



第7図



第8図

